

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-287189
 (43)Date of publication of application : 31.10.1995

(51)Int.Cl. G02B 27/09
 H01S 3/18

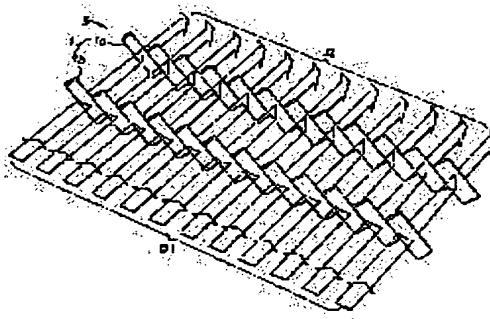
(21)Application number : 06-103358 (71)Applicant : NIPPON STEEL CORP
 (22)Date of filing : 18.04.1994 (72)Inventor : YAMAGUCHI SATORU
 KOBAYASHI TETSUO
 SAITO YOSHIMASA

(54) OPTICAL PATH CHANGER AND LASER DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to carry out light condensing to a microspot, guiding of light to an optical fiber and exciting of a solid laser element by changing the directions of the flat light sources of a multistripe array semiconductor laser respectively by 90°.

CONSTITUTION: This optical path changer is constituted by forming two pieces of cylindrical lenses 1a, 1b or columnar lenses arranged at a co-focus with each other as one element and arranging plural pieces of such elements in an array form the state of inclining their axial lines at 45° with the arranging plane. This laser device is constituted by disposing the optical path changer between the multistripe array semiconductor laser and a focusing lens.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.12.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-287189

(43)公開日 平成7年(1995)10月31日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 27/09

H 0 1 S 3/18

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 27/ 00

E

審査請求 未請求 請求項の数5 FD (全8頁)

(21)出願番号

特願平6-103358

(22)出願日

平成6年(1994)4月18日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 山口 哲

相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社エレクトロニクス研究所内

(72)発明者 小林 哲郎

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 斎藤 吉正

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内

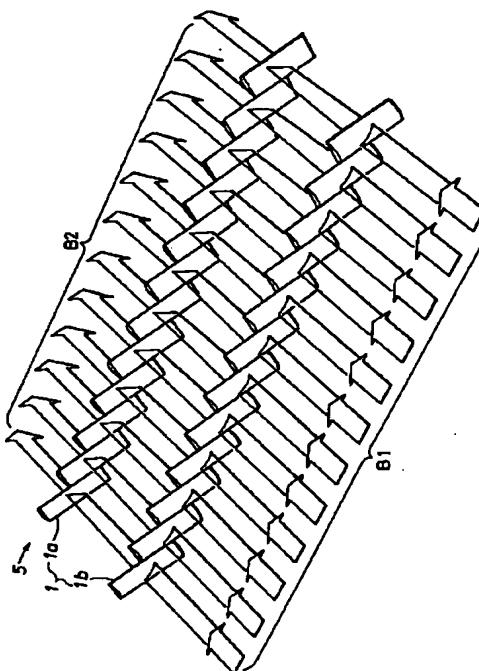
(74)代理人 弁理士 大島 陽一

(54)【発明の名称】 光路変換器およびそれを用いたレーザ装置

(57)【要約】

【目的】 マルチストライプアレイ半導体レーザ光の偏平光源の向きを各々90度回転することにより、微小スポットへの集光や、光ファイバーへの導光、固体レーザ素子の励起を可能にする。

【構成】 互いに共焦点に配置した2個のシリンドリカルレンズまたは円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器、及び該光路変換器をマルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子とフォーカシングレンズとの間に設けたことを特徴とするレーザ装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに共焦点に配置した2個のシリンドリカルレンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器。

【請求項1】互いに共焦点に配置した2個の円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器。

【請求項2】互いに共焦点に配置した2個のシリンドリカルレンズまたは円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなる光路変換器と、

該光路変換器の入射面にコリメータレンズを介して対向配置されたマルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子と、

前記光路変換器の出射面に対向配置されたコリメータレンズと、

該コリメータレンズの出射面に対向配置されたフォーカシングレンズとを有することを特徴とするレーザ装置。

【請求項3】請求項4に記載のレーザ装置に於ける前記フォーカシングレンズにて集光したレーザ光を光ファイバに導光することを特徴とするレーザ装置。

【請求項4】請求項4または5のいずれかに記載のレーザ装置によって集光したレーザ光を用いて固体レーザを光励起することを特徴とするレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体レーザ光の形状を変換するための光路変換器、及び該光路変換器を用いたレーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザ光を集光して光エネルギーを利用する技術の向上は、レーザ加工分野に於て最重要課題の一つである。通常のレーザ加工に用いられるレーザ発生器としては、YAGレーザが多用されている。しかしながらYAGレーザは、電気入力に対する光出力の変換効率が低く、比較的大規模な装置と多量の冷却水が必要である。

【0003】一方、電気入力／光出力の変換効率が高く、かつコンパクトで大がかりな冷却装置を必要としないレーザ装置として、半導体レーザ発生素子を用いたものが知られている。ところがこの半導体レーザは、ビーム品質が低く、特に単一ストライプ半導体レーザ発生素子は高出力が得られず、レーザ加工にそのまま用いることは困難である。

【0004】比較的高出力が得られる半導体レーザ発生素子としては、マルチストライプアレイ半導体レーザが知られている。これは10～100本のストライプ状活性層が半導体チップに刻まれており、1次元上に配列し

た10～100箇所の線分状の各地点からレーザ光が射する破線状の光源を有している。

【0005】ところで、レーザ光は、レーザ加工分野のみならず、医療分野でも使用性の高いレーザ光源を提供する要望を満たす上からは、1本の光ファイバに高効率に導光できることが好ましい。このため、上記マルチストライプアレイ半導体レーザを用いる場合には、各活性層からの出射光をそれぞれ個別の光ファイバに導光してファイババンドルとし、これらの光ファイバ端面からの出射光を新たに集光するなどの措置がとられている。ところがこの場合、光ファイバのカプリング損失が大きい上、破線状に出射するレーザ光を单一の光ファイバに導光して細く高密度に絞ることが困難であった。

【0006】他方、半導体レーザ光を励起光源として用いた固体レーザが、高効率、長寿命、及び小型化を図ることから注目を集めている。この半導体レーザ励起固体レーザに於ける固体レーザの光軸方向から光励起する端面励起方式によると、固体レーザ発振のモード空間に半導体レーザ出力光による励起空間をマッチングさせることによって高効率な単一基本横モード発振を実現し得るが、マルチストライプアレイ半導体レーザを用いて固体レーザを端面励起することは困難であった。

【0007】半導体レーザ光の集光方法として、出射光を単一レンズを用いてまとめて集光する方法がある。ところがこの方法でマルチストライプアレイ半導体レーザを集光しようとすると、マルチストライプアレイ半導体レーザの光源の全長が約10mm程もあるため、フォーカシング時にレンズの倍率で決まる径寸法を持ったビームスポットしか得られず、径寸法が1mm以下のビームスポットを得ることは到底不可能であった。

【0008】その他の半導体レーザ光の集光方法として、図9に示すように、マイクロレンズアレイ31を用いて半導体レーザ発生素子の活性層21が出射するレーザ光をそれぞれ個別にコリメートした後、フォーカシングレンズ26を用いてビームスポットBSを一箇所に絞って全ストライプ光を重畳させる方法がある。この方法によれば、マイクロレンズ31とフォーカシングレンズ26との焦点距離で決まる倍率を各活性層21の全幅に掛け合わせた程度のビームスポット径(1mm程度)が得られる。またこの方法によると、半導体レーザ発生素子の活性層21に対して垂直成分は細く絞ることができる。

【0009】しかしながら、この方法では、隣合ったストライプ光同士が重なり合わないようにするために、各ストライプ光に対応する各マイクロレンズを、半導体レーザ発生素子の出射面に近接配置する必要がある。このため、各マイクロレンズは焦点距離の短いものを使う必要があり、フォーカシングレンズとの組合せで決まる倍率が大きくならざるを得なかった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】さて、半導体レーザは上記したように、ビーム放射角が大きいために半導体レーザ発生素子に集光系を接近させて集光する必要があり、発振光の集光は容易ではない。また半導体レーザ励起固体レーザの高出力化のためには、励起用の半導体レーザを高出力化する必要がある。そして半導体レーザ発生素子は、ストライプ状の活性層からレーザ光が射出するが、単一ストライプ半導体レーザでは出力に限界があり、高出力を得るには、複数の活性層を配列したアレイにしなければならない。

【0011】半導体レーザの活性層を一次元的に配列したマルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子は、10W以上の出力が得られ、レーザマイクロ加工用として十分に使用できる出力を有している。このマルチストライプレーザ光を光学系を用いて直接集光し、十分に細いスポットに絞ることができれば、半導体レーザ出力をレーザ加工に用いることができる。

【0012】ところが、マルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子22は、図10に示すように、通常、約100～200μm幅の活性層21が、全幅約10mmの平面内に10～100本一定間隔で配列されている。従って、ひとつの半導体レーザ発生素子から10～100本のレーザ光が射出する破線状の光源が与えられる。これらの各ストライプ光は、それぞれ偏平な光源から発せられたものであり、ビーム放射角は活性層に対して垂直成分θVが相対的に大きく約40～50度であり、平行成分θHは相対的に小さく約10度である。また発光源の幅は垂直成分が相対的に狭く0.1～1μmであり、平行成分は相対的に広く上述のように100～200μmである。このため、半導体レーザ発生素子22からの射出光をレンズを用いて集光して絞り込む場合、垂直成分θVは容易に絞り得るが、平行成分θHは光源の全幅が広いために微小スポットに絞ることが困難である。

【0013】これに対応するために、上記した如くストライプ光源に対して1対1でマイクロレンズを対応させて配列し、各々のストライプ光を集光してコリメートした後にフォーカシングレンズで絞ることが考えられるが、絞り込んだビームスポット径は、フォーカシングレンズ26とビームスポットBS間の距離と、光源とマイクロレンズ31間の距離との比で決まる倍率を活性層の幅に掛けたスポット径となる。そのため、マイクロレンズは光源からできるだけ離間して配置することが好ましいが、ストライプ光の垂直成分の放射角が大きいことを考えると、このように配置することは困難である。

【0014】これに対応するために、垂直成分θVと平行成分θHとを別々のレンズで集光し、垂直成分集光用レンズは光源の至近距離に、平行成分集光用レンズは離間して配置することが考えられるが、平行成分θHについても10度という放射角があるため、ある一定の距離以上では隣同士のストライプ光が重なってしまい、離間

し得る距離には限度がある。

【0015】活性層の発光端面が梯子状に配列されたものが存在すれば、うまく集光することができる。即ち、図11に示すように、まず焦点距離の短いマイクロシリンドリカルレンズアレイ32を用いて活性層21に垂直な成分をコリメートし、次いで焦点距離の長いシリンドリカルレンズ25を用いて活性層21に平行な成分をコリメートする。最後にフォーカシングレンズ26を用いて両成分をビームスポットBSに集束させる。ここで垂直成分については、マイクロシリンドリカルレンズ32を光源に近接配置するので、倍率は高くなるものの、光源の幅は極めて狭いために集束スポット径はさほど大きくならない。また平行成分については、シリンドリカルレンズ25を光源から離間配置するので、倍率を小さく抑えることができるため集束スポット径を小さくすることができる。

【0016】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、半導体レーザ活性層に対して平行成分を集光するに際し、コリメータレンズ20を半導体レーザ発生素子から離間して配置し、フォーカシングレンズとの組合せで決まる倍率を小さくすることによって絞ったビームスポット径を小さくすることのできる光路変換器を提供することにある。これに加えて本発明の第2の目的は、マルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子から射出される発散角が大きい多数のレーザビームを集光して单一のスポットに絞り込み、レーザ加工用光源として使用したり、光ファイバに導光したり、固体レーザ発振のモード空間に半導体レーザ出力光による励起空間をマッチングしたりすることができるよう、固体レーザ基本波を高効率に生起せしめるレーザ装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】このような目的は、本発明によれば、互いに共焦点に配置した2個のシリンドリカルレンズまたは円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器、及び該光路変換器をマルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子とフォーカシングレンズとの間に設けたことを特徴とするレーザ装置を提供することによって達成される。

【0018】

【作用】本発明の光路変換器によれば、入射した偏平光は、第1のシリンドリカルレンズ(円柱レンズ)でその入射位置の屈折率に応じて曲げられ、全体としてレンズの中心軸線を中心に反転し、偏平方向が90度回転してねじれた状態で第2のシリンドリカルレンズ(円柱レンズ)から射出する。従って、マルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子から射出した破線状に直列する線状レーザ光を、梯子状に並列したレーザ光に変換すること

ができる。これにより、マルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子とシリンドリカルレンズ（円柱レンズ）間の光学距離を長くとっても、隣同士のストライプ光が重なり合うことがなく、マルチストライプアレイ半導体レーザ光を重畳させて微小なスポットに絞り込むことができる。

【0019】

【実施例】以下に添付の図面に示された具体的な実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

【0020】まず、本発明の光路変換器の光路変換原理について説明する。図1は本発明に基づく光路変換器1の斜視図、図2は図1に示す光路変換器1の側面図である。この光路変換器1は、2個の同一形状のシリンドリカルレンズ1a・1bをひと組として用いており、入射光に対して同一の大きさの像を与るために、これら一対のシリンドリカルレンズ1a・1bは、共焦点の位置関係に置かれている。ここで、図2に於ける右方の第1シリンドリカルレンズ1aの入射面から入射した光線a・b・d・eは、それぞれが通る部分の屈折率の差に応じて2つのシリンドリカルレンズ内を進み、a'・b'・d'・e'となって左方の第2シリンドリカルレンズ1bの出射面から出射する。また中央に入射した光線cは、両レンズ内を直進し、c'となって出射する。

【0021】一方、一対のシリンドリカルレンズ1a・1bは、ある所定の基準面（例えば水平面）に対し、その軸を45度傾けて配置されている。この光路変換器1の第1シリンドリカルレンズ1aの入射面に対し、半導体レーザ素子の線状光源から出射した水平方向に偏平な光線PQが入射すると、曲面をなす入射面上での円弧P1Q1が、線分P2Q2となって出射する。次いで、第2シリンドリカルレンズ1bに線分P3Q3となって入射し、さらに円弧P4Q4となって出射し、出射光P5Q5を与える。このように、一対のシリンドリカルレンズ1a・1bを45度傾けることにより、入射光線の向きを第1シリンドリカルレンズ1aの軸と対称な位置に変換し、第2シリンドリカルレンズ1bによって光軸を入射光光軸と平行に戻して出射することができる。つまり、光線の偏平の向きを、入射前に比して90度だけ回転させることができる。

【0022】上記した光路変換器1を複数個配列し、マルチストライプアレイ半導体レーザ素子からの出射光を処理することができるようとした光路変換アレイ5を図3に示す。ここで、マルチストライプアレイ半導体レーザ素子22は、前記した通り活性層21の発光端面が破線状に配列しており（図10参照）、これら各活性層21の発光端面から出射した光の垂直成分θVをコリメートして破線状の偏平光が光路変換器1に入射するものとする。各光路変換器1は、偏平光の長軸と入射面の中央線とが45度傾くように配列している。これにより、入射した各偏平光を90度回転させ、即ち、レーザ光の垂

直成分θVと水平成分θhを入れ替えて梯子状に配列させて出射するようになっている。

【0023】このようにして、一直線上に破線状に直列した多数のストライプ光B1は、光路変換アレイ5により、見かけ上梯子状に並列したストライプ光B2に変換される。

【0024】ところで、上記の構成に於ては、一つのストライプ光に対して一つの光路変換器1を対応させている。従って、幅寸法が小さな活性層を多数配列したもの10に対しては光路変換器として極めて小さなものを用意しなければならないことになる。しかしながら実用上は、複数のストライプ光に対して一つの光路変換器を対応させても良い。この場合は、隣接する光路変換器の配列ピッチと同一幅に多数のストライプを分割し、分割した要素毎に90度回転することになるが、この場合でも、光路変換器の配列ピッチと同程度にレーザ光を絞ることができる。

【0025】なお、用いるオプティックスとしては一軸方向にのみ屈折を与えるものであれば特に限定されるものではなく、例えば上記した円筒形の曲面を有するシリンドリカルレンズに替えて、真円断面の円柱レンズを用いてもよい。円柱レンズペアの場合は、図4に示したように、2個の円柱レンズ11a・11bが共焦点の位置に配置されれば、上記したシリンドリカルレンズペアと同様の理論が成立するので、この円柱レンズペアをアレイ状に配列すれば、入射した破線状の半導体レーザストライプ光を梯子状にして出射させることができる。さらに、屈折率の設定次第では、一対の円柱レンズを互いに接して配置（共焦点の位置を接点に置く）することもできる。なお、光ファイバを円柱レンズとして用いることもできる。

【0026】上記光路変換器を用い、例えば200μm幅の活性層21を800μmピッチで12本配列してなるマルチストライプアレイ半導体レーザ素子22が射するレーザ光を集光する半導体レーザ集光装置23を図5に示す。図5に於て、マルチストライプアレイ半導体レーザ素子22に近接配置した円柱レンズ24によって活性層21に対する垂直成分をコリメートした後、各活性層21に対応して光路変換器1（各変換器が配列面に40対して45°で傾斜）を800μmピッチで配列した光路変換アレイ5により、各ストライプ光の断面の長軸と短軸とを反転させる。

【0027】次いで光路変換アレイ5からの出射光を集光するように配置されたシリンドリカルレンズ25によって活性層と平行な成分をコリメートする。そして最後にフォーカシングレンズ26を用いてレーザ光を絞り込む。これにより、焦点の位置に複数のストライプ光が重畳したビームスポットBSが得られる。

【0028】このようにして、フォーカシングレンズ26とビームスポットBSとの間の距離と、マルチストラ

イプアレイ半導体レーザ素子22とシリンドリカルレンズ25との間の距離との比を小さくとれるので、極めて小さな径（直径400μm）に集光されたビームスポットBSが得られる。尚、垂直成分については、フォーカシングレンズ26とビームスポットBSとの間の距離と、マルチストライプアレイ半導体レーザ素子22と円柱レンズ24との間の距離との比が大きくなるものの、光源の幅が十分に小さいため、絞られたビームスポット径は大きくならない。

【0029】上記半導体レーザ集光装置23を用いて集光したレーザ光を光ファイバ（コア径400μm）に導光することもでき、図6に示すように、フォーカシングレンズ26にて集光したレーザ光を光ファイバ27に導光すると、10Wの半導体レーザ出力のうち60%の導光効率が得られる。

【0030】また、上記半導体レーザ集光装置23にて集光したレーザ光を用いて固体レーザを光励起することもでき、図7に示すように、フォーカシングレンズ26にて集光したレーザ光にてYAGレーザなどの固体レーザ素子28の端面励起による光励起を試みると、10Wの半導体レーザを用いて3WのYAGレーザ出力が得られる。なお、符号29は共振器出力鏡である。

【0031】更に、図8に示すように、フォーカシングレンズ26にて集光したレーザ光を光ファイバ27に導光した上で固体レーザ素子28を端面励起により光励起すると、2WのYAGレーザ出力が得られる。

【0032】

【発明の効果】このように本発明によれば、第1のシリンドリカルレンズ（円柱レンズ）と、これと共に焦点で配置した第2のシリンドリカルレンズ（円柱レンズ）とかなる光路変換器に対し、第1のシリンドリカルレンズの軸線に対してその長軸が45度傾くように偏平光を入射すると、光像の長軸と短軸とが反転して第2のシリンドリカルレンズから出射する。即ち、光路変換器を経ることで偏平光が90°回転したのと同様な光像が得られる。これにより、波線状の光線の各偏平光が90度回転し、あたかも梯子状に配列したかのような状態となるので、大出力のマルチストライプアレイ半導体レーザ光を高効率で集光し、かつ細く絞ることができるので、パワー密度の高いビームスポットを得ることができる。これにより、レーザ加工やレーザはんだ付けに於て特に精密な加工を実現することが可能となる。また、集光したマルチストライプアレイ半導体レーザ光を光ファイバに導光するように構成すれば、レーザ光の取扱い性が高められる。さらに、上記構成を有する半導体レーザ励起固体レーザによれば、従来のアレイ半導体レーザでは困難で

あった端面励起が可能となり、効率並びにビーム品質の高い固体レーザを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用された光路変換器の構成及び光路変換の様子を示す模式的斜視図。

【図2】図1の光路変換器の光路変換の原理を説明するための側面図。

【図3】本発明が適用された光路変換アレイとマルチストライプアレイ半導体レーザ光との対応図。

【図4】本発明の変形実施例を示す図2に対応する側面図。

【図5】本発明が適用されたレーザ装置の構成を示す模式的側面図。

【図6】本発明が適用されたレーザ装置の構成を示す模式的側面図。

【図7】本発明が適用されたレーザ装置の構成を示す模式的側面図。

【図8】本発明が適用されたレーザ装置の構成を示す模式的側面図。

【図9】従来の破線状に配列したマルチストライプアレイ半導体レーザの集光状態を説明する平面図（a）及び側面図（b）。

【図10】マルチストライプアレイ半導体レーザ素子と各活性層からの出射光パターンを示す模式的斜視図。

【図11】半導体レーザの活性層が梯子状に配列されていると仮定した場合の、集光状態を説明する平面図（a）及び側面図（b）。

【符号の説明】

1 光路変換器

30 1 a 第1シリンドリカルレンズ
1 b 第2シリンドリカルレンズ

5 光路変換アレイ

1 1 a 第1円柱レンズ
1 1 b 第2円柱レンズ

2 1 活性層

2 2 マルチストライプアレイ半導体レーザ素子
2 3 半導体レーザ集光装置

2 4 円柱レンズ

2 5 シリンドリカルレンズ

40 2 6 フォーカシングレンズ
2 7 光ファイバ

2 8 固体レーザ素子

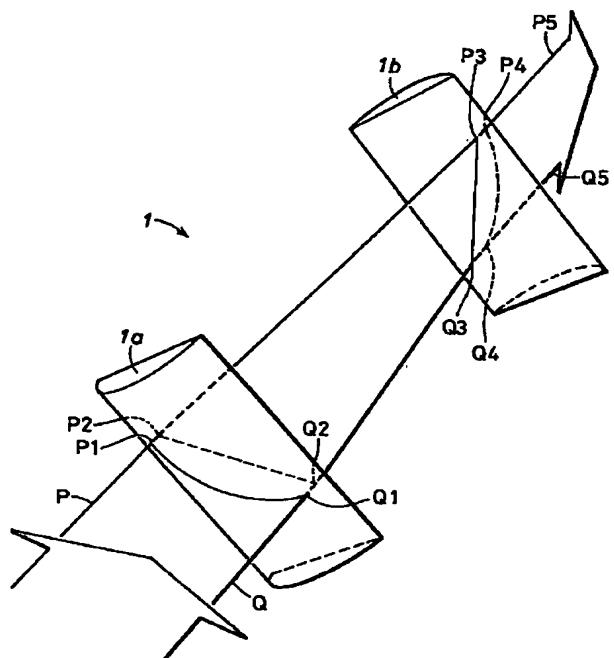
2 9 共振器出力鏡

3 0 レンズ

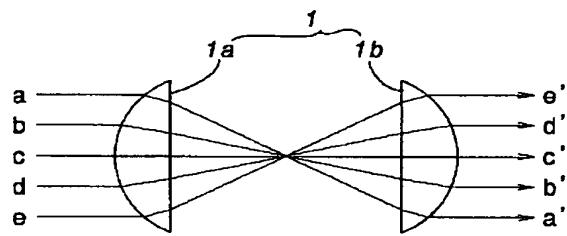
3 1 マイクロレンズ

3 2 マイクロシリンドリカルレンズ

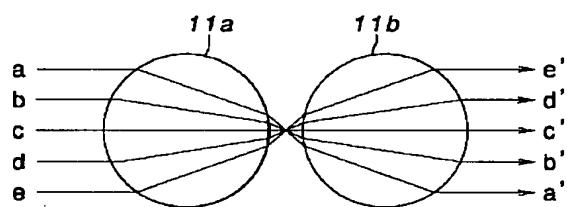
【図1】



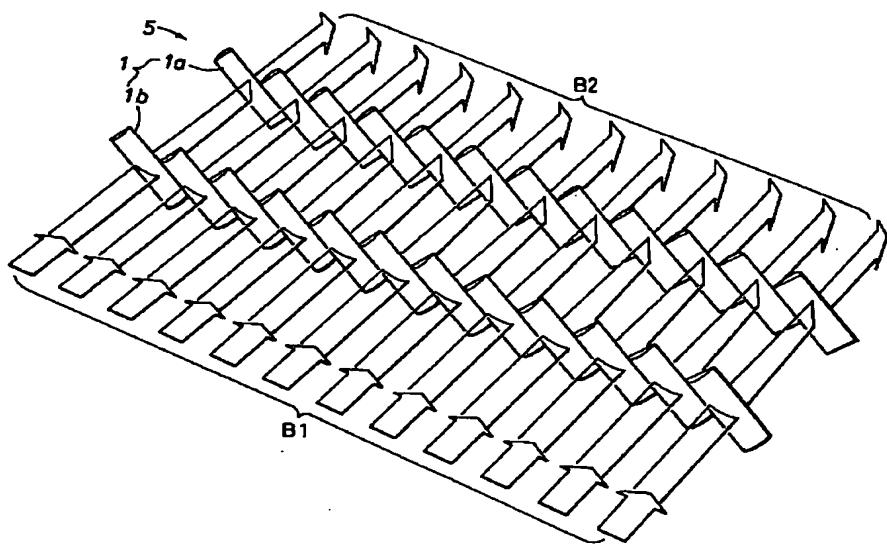
【図2】



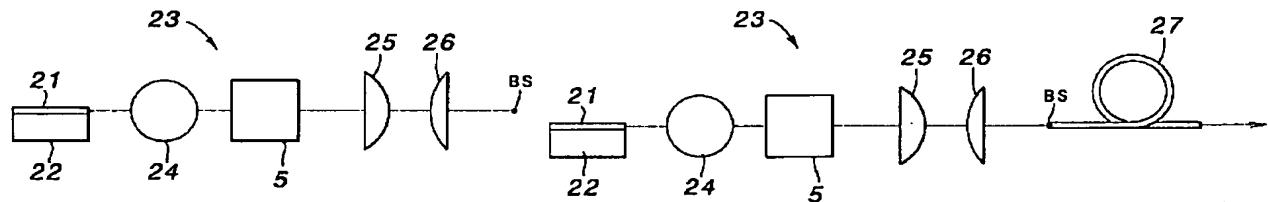
【図4】



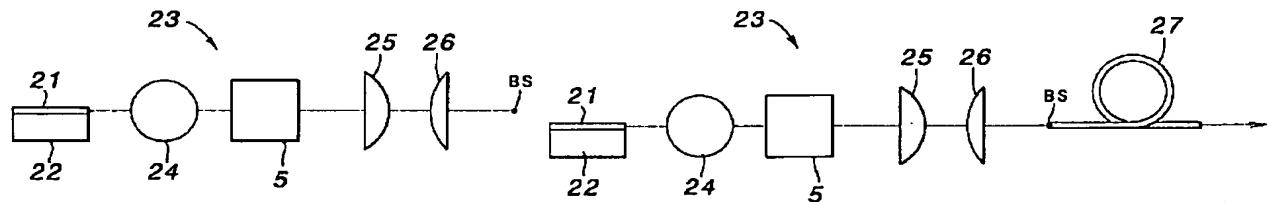
【図3】



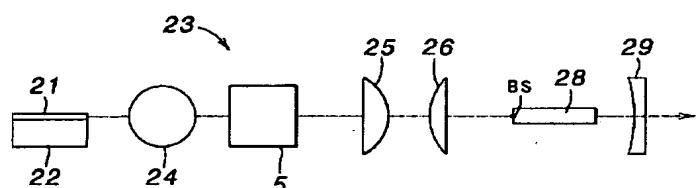
【図5】



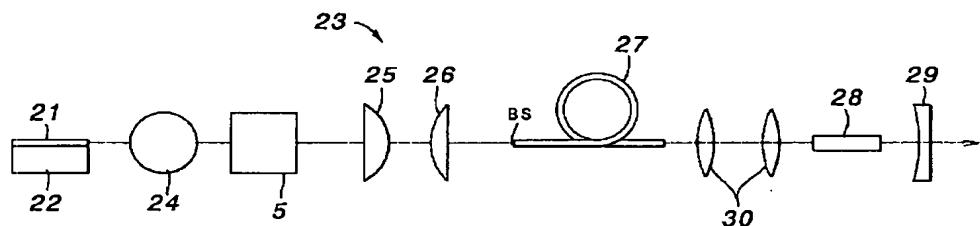
【図6】



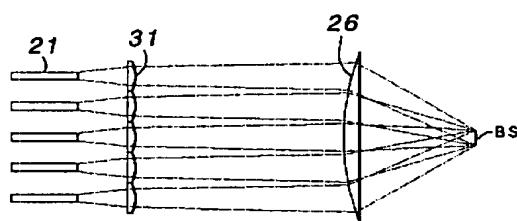
【図7】



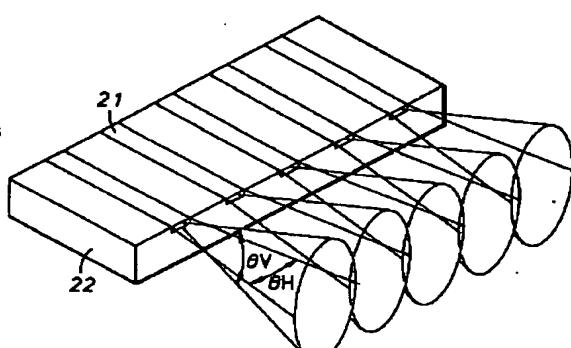
【図8】



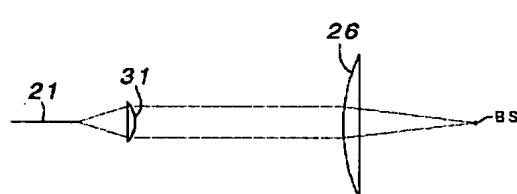
【図9】



(a)

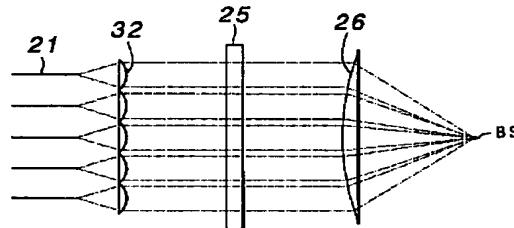


【図10】

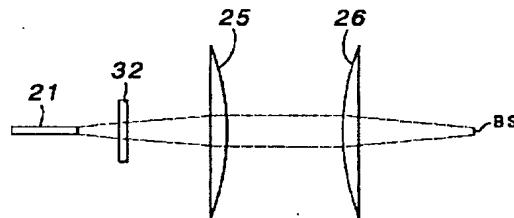


(b)

【図11】



(a)



(b)

【手続補正書】

【提出日】平成6年5月12日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに共焦点に配置した2個のシリンドリカルレンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器。

【請求項2】 互いに共焦点に配置した2個の円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなることを特徴とする光路変換器。

【請求項3】 互いに共焦点に配置した2個のシリンド

リカルレンズまたは円柱レンズを一つの要素とし、該要素の複数個を、その軸線を配列面に対して45度傾斜させた状態でアレイ状に配列してなる光路変換器と、該光路変換器の入射面にコリメータレンズを介して対向配置されたマルチストライプアレイ半導体レーザ発生素子と、

前記光路変換器の出射面に配置されたコリメータレンズと、

該コリメータレンズの出射面に配置されたフォーカシングレンズとを有することを特徴とするレーザ装置。

【請求項4】 請求項3に記載のレーザ装置に於ける前記フォーカシングレンズにて集光したレーザ光を光ファイバに導光することを特徴とするレーザ装置。

【請求項5】 請求項3または4のいずれかに記載のレーザ装置によって集光したレーザ光を用いて固体レーザを光励起することを特徴とするレーザ装置。